

S8 1 PN="4-234722"
?t 8/5/1

8/5/1

DIALOG(R)File 347:JAPIO
(c) 2001 JPO & JAPIO. All rts. reserv.

03869622
COMPENSATION TYPE OPTICAL SYSTEM

PUB. NO.: 04-234722 [JP 4234722 A]
PUBLISHED: August 24, 1992 (19920824)
INVENTOR(s): RAMA NANDO SHIN
JIYANAZU SUTANISURAFU UIRUCHINSUKII
APPLICANT(s): INTERNATL BUSINESS MACH CORP <IBM> [000709] (A Non-Japanese
Company or Corporation), US (United States of America)
APPL. NO.: 03-140702 [JP 91140702]
FILED: May 17, 1991 (19910517)
PRIORITY: 7-575,043 [US 575043-1990], US (United States of America),
August 28, 1990 (19900828)
INTL CLASS: [5] G02B-027/18; G02B-013/24
JAPIO CLASS: 29.2 (PRECISION INSTRUMENTS -- Optical Equipment)
JAPIO KEYWORD:R002 (LASERS)
?

S2 1 PN="JP 4234722"
?t 2/3/1

2/3/1
DIALOG(R)File 345:Inpadoc/Fam.& Legal Stat
(c) 2001 EPO. All rts. reserv.

10142424
Basic Patent (No,Kind,Date): US 5052763 A 19911001 <No. of Patents: 010>

**OPTICAL SYSTEM WITH TWO SUBSYSTEMS SEPARATELY CORRECTING ODD ABERRATIONS
AND TOGETHER CORRECTING EVEN ABERRATIONS (English)**

Patent Assignee: IBM (US)
Author (Inventor): SINGH RAMA N (US); WILCZYNSKI JANUSZ S (US)
National Class: *359355000; 359364000; 359638000
IPC: *G02B-001/10; G02B-017/08; G02B-027/14; G02B-013/26
Derwent WPI Acc No: G 91-309822
Language of Document: English
Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applic No	Kind	Date
CA 2045944	AA	19920301	CA 2045944	A	19910628
CA 2045944	C	19950613	CA 2045944	A	19910628
DE 69125328	C0	19970430	DE 69125328	A	19910718
DE 69125328	T2	19970925	DE 69125328	A	19910718
EP 475020	A2	19920318	EP 91111996	A	19910718
EP 475020	A3	19920506	EP 91111996	A	19910718
EP 475020	B1	19970326	EP 91111996	A	19910718
JP 4234722	A2	19920824	JP 91140702	A	19910517
JP 95111512	B4	19951129	JP 91140702	A	19910517
US 5052763	A	19911001	US 575043	A	19900828 (BASIC)

Priority Data (No,Kind,Date):
US 575043 A 19900828

特開平4-234722

(43) 公開日 平成4年(1992)8月24日

(51) Int. Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 2 B 27/18	Z	9120-2K		
13/24		8106-2K		

審査請求 有 請求項の数35(全 19 頁)

(21) 出願番号 特願平3-140702

(22) 出願日 平成3年(1991)5月17日

(31) 優先権主張番号 575043

(32) 優先日 1990年8月28日

(33) 優先権主張国 米国 (U S)

(71) 出願人 390009531
 インターナショナル・ビジネス・マシーンズ・コーポレーション
 INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES CORPORATION
 アメリカ合衆国10504、ニューヨーク州アーモンク (番地なし)

(72) 発明者 ラマ・ナンド・シン
 アメリカ合衆国06801、コネチカット州ベセル、フアー・ホライゾン・ドライブ20番地

(74) 代理人 弁理士 頼宮 孝一 (外4名)

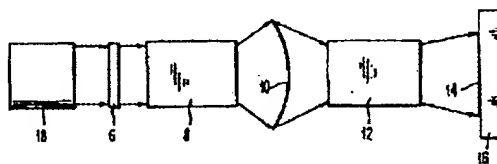
最終頁に続く

(54) 発明の名称 補償型光学システム

(57) 要約

【目的】 実質的に平らで実質的に収差のない画像領域が実質的に平らな平面上に投影される光学システムを提供することを目的とする。

【構成】 本発明に従う光学システムは、入力サブシステムと出力サブシステムとを含み、該入力サブシステム及び該出力サブシステムは、それぞれが個別に奇収差について実質的に補正され、該入力サブシステムの偶収差は該出力サブシステムの偶収差を実質的に補償して、実質的に平らな画像領域を形成することを特徴とする。対象の実質的に平らな画像を投影するための光学システムである。



【特許請求の範囲】

【請求項1】入力サブシステムと、出力サブシステムとを含み、前記入力サブシステムと前記出力サブシステムは、各々が個別に奇収差について実質的に補正され、前記入力サブシステムの偶収差は前記出力サブシステムの偶収差を実質的に補償して、実質的に平らな画像領域を形成する、対象の実質的に平らな画像を投影するための光学システム。

【請求項2】少なくとも前記入力光学システム及び前記出力光学システムの内の1つが反射屈折光学システムである、請求項1に記載の光学システム。

【請求項3】前記入力光学システムが1×システムである、請求項1に記載の光学システム。

【請求項4】前記反射屈折光学システムが1つの絞りを含む、請求項2に記載の光学システム。

【請求項5】前記入力光学サブシステムが反射屈折光学式であり、反射凹表面を有し、そして前記光学システムが、前記入力光学システムと前記出力光学システムとの間に、さらに少なくとも1つの光学要素を含み、前記出力光学システム内に前記絞りを再写像する、請求項2に記載の光学システム。

【請求項6】前記の少なくとも1つの光学要素がエアネ間レンズ群である、請求項5に記載の光学システム。

【請求項7】前記の反射屈折光学システムが、画像形成照射光線の伝播をサポートする能力のある材料から成り少なくとも1つの実質的に平らな表面を有する第1光学要素と、前記の実質的に平らな表面からの反射と該表面の透過に起因する実質的に収差及びゆがみがない該表面からの反射光線、及び該表面の透過光線を供給するための、該表面上の複数の薄膜被覆と、前記の実質的に平らな表面からの反射光線又は該表面の透過光線を受け取るための反射凹表面と、を含む、請求項2に記載の光学システム。

【請求項8】前記出力光学サブシステムの残留偶収差を実質的に補償する偶収差を供給するための、レンズ群をさらに含む、請求項7に記載のシステム。

【請求項9】前記入力レンズ群及び前記反射凹表面が、実質的に前記反射屈折光学システムの奇収差を補正し、所定の画像領域湾曲を有する中間画像を与える、請求項7に記載のシステム。

【請求項10】前記入力光学サブシステムが中間画像を与え、前記光学要素が前記対象を前記中間画像から分離する、請求項9に記載のシステム。

【請求項11】前記システムがエクサイマー・レーザの全紫外線帯域にわたってサブミクロンの分解能を有する、請求項1に記載のシステム。

【請求項12】前記システムがKrFレーザの約2480オングストロームの波長でサブミクロンの分解能を有する、請求項1に記載のシステム。

【請求項13】前記薄膜被覆が前記の実質的に平らな表

面にわたって実質的に均一な厚さの材料から成り、前記の実質的に平らな表面からの前記反射光線と、前記の実質的に平らな表面の前記透過光線における、補償位相分布と補償振幅分布を生成し、前記の実質的に平らな表面とその上の被覆面からの収差とゆがみを実質的に除去する、請求項7に記載のシステム。

【請求項14】前記の画像形成照射光線の伝播をサポートする能力のある材料からなる第2光学要素をさらに含み、該第2光学要素は少なくとも1つの実質的に平らな表面を有し、前記薄膜被覆が上に積層される前記第1光学要素とは反対側の該薄膜被覆上に接する請求項7に記載のシステム。

【請求項15】前記第1及び前記第2光学要素はプリズムであり、その前記平らな表面は前記プリズムの面であり、前記第1及び第2光学要素の組合せはビーム・スプリット構造を形成する、請求項14に記載のシステム。

【請求項16】前記薄膜被覆が、ハフニア、フッ化マグネシウム、アルミナ、及び酸化ケイ素のグループ内の少なくとも1つから選択される、請求項7に記載のシステム。

【請求項17】前記入力光学サブシステムと前記出力光学サブシステムとの間に、1つの折曲げ反射要素をさらに含む、請求項1に記載の光学システム。

【請求項18】前記光学システムが回転対称形の光学システムである、請求項7に記載の光学システム。

【請求項19】前記入力サブシステムが、前記出力光学システムの画像領域湾曲とは逆の画像領域湾曲を有する中間画像を供給する、請求項1に記載の光学システム。

【請求項20】前記反射屈折光学システムが、領域スプリット・ビーム折曲げ要素、前記領域スプリット・ビーム折曲げ要素からの光線を受け入れるための反射凹表面を含む、請求項2に記載の光学システム。

【請求項21】前記の出力光学サブシステムの偶収差を補償する実質的な偶収差を供給するための、レンズ群をさらに含む、請求項20に記載のシステム。

【請求項22】前記レンズ群と前記反射凹表面が、前記反射屈折光学システムの奇収差を実質的に補正し、所定の画像領域湾曲を有する中間画像を供給する、請求項20に記載のシステム。

【請求項23】前記領域スプリット・ビーム折曲げ要素が反射プリズムの組合せである、請求項22に記載のシステム。

【請求項24】前記領域スプリット・ビーム折曲げ要素がミラーである、請求項20に記載の光学システム。

【請求項25】前記領域スプリット・ビーム折曲げ要素が反射プリズムの組合せである、請求項20に記載の光学システム。

【請求項26】前記光学システムがこの光学システムの軸外部分を使用する、請求項24に記載の光学システム。

【請求項27】前記光学システムがこの光学システムの軸外部分を使用する、請求項25に記載の光学システム。

【請求項28】前記光学システムが環状領域システムまたはスロット領域システムである、請求項26に記載の光学システム。

【請求項29】前記光学システムが環状領域システムまたはスロット領域システムである、請求項27に記載の光学システム。

【請求項30】前記光学システムが回転対称システムである、請求項1に記載の光学システム。

【請求項31】前記折曲げ手段がビーム・スプリット六面体である、請求項29に記載の光学システム。

【請求項32】前記折曲げ手段がプリズム反射の組合せである、請求項29に記載の光学システム。

【請求項33】前記対象の中間画像を形成するための中間画像形成光学要素と、前記中間画像を前記出力画像形成光学要素のための中間対象として使用して、前記出力画像を形成するための、出力画像形成光学要素とを有し、前記の出力画像形成光学要素は画像領域湾曲を有し、前記の中間画像形成光学要素と前記の出力画像形成光学要素の各々は、個別に実質的に奇収差について補正され、前記の中間画像形成光学要素と前記の出力画像形成光学要素は、実質的に偶収差について共に補正され、前記の中間画像は、前記出力画像形成光学要素の前記画像領域湾曲と反対の画像領域湾曲を有しており、前記の出力画像領域は、実質的に平坦であり実質的に無収差である、前記対象の実質的に平らな出力画像を投影するための光学システム。

【請求項34】前記の中間画像形成光学要素は、前記光学システムのための一次鏡りとして凹球面ミラーを含み、さらに、前記中間画像形成光学要素の間にエア離間レンズ群を含み、前記エア離間レンズ群は前記出力形成光学要素内で前記一次鏡りを再写像する、請求項33に記載の光学システム。

【請求項35】前記の中間画像形成光学要素が1×システムであり、前記の出力画像形成光学要素はN×縮小屈折光学システムであり、前記の光学システムはサブミクロンの分解能を有する、請求項34に記載の光学システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、平らな画像領域を有する1つの光学システムに関する。さらに詳しくは、本発明は、1つの入力サブシステムを有し、この入力サブシステムは第2サブシステムへの入力対象であり、この第2サブシステムの出力は平らな画像領域であり、第1サブシステムは第2サブシステムの画像領域湾曲を補償して平らな画像領域にできるように設計された、1つの光学システムに関する。またさらに詳しくは、本発明は、入

力サブシステムが1×システムであり、出力サブシステムがN×システムである、1つの光学システムに関する。またさらに詳しくは、本発明は、平面半導体チップまたは半導体チップ実装基板の上に実質的に無収差の平面マスク画像を投影露光するための、超小形電子リソグラフィ・レンズに関する。

【0002】

【従来の技術】超小形電子構成部品の製造では、典型的にはレジスト被覆の半導体チップまたはレジスト被覆の半導体チップ実装基板である基板の上に、マスク像を投影露光するために、光学システムが使用されている。また、これらの光学システムを、基板の上にマスクの像を直接に賦除させるために使用することもできる。

【0003】光学システムの画像領域は一般に湾曲している。湾曲の度合いはベッツヴァルの和で決定される。リソグラフィ・ツールによる処理量を増すためには、大きな対象領域を投影して、超小形電子基板の上にパターンを形成するために必要な露光をより少なくすることが望ましい。大きな対象領域を通常入手可能な高分解能光学システムで使用する場合には、投影される画像は限られた画像領域の上でしかうまく焦点が合わない。これは、半導体チップや半導体チップ実装基板などの超小形電子基板は平面である一方、前記の画像領域は一般に湾曲面であるから、分解能または開口数が向上するにつれてベッツヴァルの和の修正がより困難になるためである。

【0004】この問題の1つの解決法は、光学システムの画像領域湾曲に相当する曲率をもつ湾曲基板を使用することである。超小形電子構成部品は平面を呈しているので、超小形電子構成部品の製造には、この湾曲基板の使用は現実的な解決法ではない。代わりに、光学システムの湾曲とは逆の湾曲を有するマスクを使用して、実質的に平面の出力画像領域にすることができる。この解決法も、湾曲マスクを作るには費用がかかり特別の製作用具が必要になるので、やはり現実的ではない。

【0005】本発明によって、縮小されたマスク像を投影するための所望の縮小比1×をもつ光学システムが提供される。この光学システムには、実質的に平面のマスクの像を投影する1×投影光学サブシステムが提供されることが好ましく、この像は縮小N×サブシステムと逆の湾曲を有し、縮小サブシステムの画像領域は実質的に平面である。

【0006】マツモトに対する米国特許第4812028号は、光学リソグラフィ用の反射式縮小投影光学システムを記載した。マツモトのシステムは、複数のモノセントリックな反射面と屈折面、および少なくとも1つのアブラナート屈折面から成る。アブラナート屈折面全部と残りの反射面と屈折面のベッツヴァルの和は、互いに個別に修正される。逆に、本発明によるベッツヴァルの和は、入力サブシステムの画像領域湾曲の出力サブシ

テムによる補償によって修正され、こうして画像領域補償型の設計となる。また、入力サブシステムと出力サブシステムは、コマ収差やゆがみなどの奇収差について、本質的に個別に補正される。しかし、球面収差や非点収差や画像湾曲などの偶収差は、サブシステム間の補償によって実質的に補正される。

【0007】マツモトのシステムでは、すべての屈折面と反射面は、アプラナート面を除いて、本発明のシステムでは真ではない1×モノセントリック・モードで実質的に製作する。本発明のシステムとマツモトのシステムの両方とも、中間画像を有する。本発明のシステムは、好ましくは1×入力サブシステムによって形成された湾曲中間画像を示し、出力N×サブシステムへの湾曲入力として使用される。この方法は、屈折器に補償曲面領域を提供することによって、屈折器における画像領域修正の負担を減らす。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】本発明の1つの目的は、実質的に平らで実質的に無収差の画像領域が実質的に平らな平面の上に投影される、光学システムを提供することである。

【0009】本発明の他の1つの目的は、平らな画像領域を有し、1×サブシステムを有する光学システムであって、1×サブシステムは第2N×サブシステムの対象領域である湾曲画面を提供する、前記の光学システムを提供することである。結合システムの出力は、実質的に無収差で平らな非常に高い分解能をもつ画像領域である。

【0010】本発明の他の1つの目的は、各サブシステムにおいて個別に奇収差を実質的に補正することである。

【0011】本発明の他の1つの目的は、1方のサブシステムの偶収差を他方のサブシステムの偶収差で補償することによって、偶収差を実質的に補正することである。

【0012】

【課題を解決するための手段】最も広い見地から見ると、本発明は、実質的に平らな対象領域と実質的に平らな画像領域を有する光学システムである。

【0013】本発明のさらに詳しい見地から見ると、1つの光学サブシステムが第2光学サブシステムの画像領域湾曲を補償して、実質的に平らな画像領域を形成する。

【0014】本発明のさらに詳しい他の見地から見ると、1つの光学サブシステムが1つの画像面の上の対象の焦点の合った画像を提供し、前記の画像面は第2光学サブシステムの画像領域湾曲と実質的に逆である湾曲を有し、これによって第2光学サブシステムの出力は実質的に平らな画像領域となる。

【0015】本発明のさらに詳しい他の見地から見ると、

と、各サブシステムは、コマ収差やゆがみなどの奇収差について個別に補正される。

【0016】本発明のさらに詳しい他の見地から見ると、球面収差、非点収差、及び画像領域湾曲などの、サブシステムの偶収差が各サブシステムによって補償される。

【0017】本発明のさらに詳しい他の見地から見ると、光学サブシステムの一つは1×入力光学システムであり、他の1つの光学サブシステムはN×出力光学サブシステムである。

【0018】本発明のさらに詳しい他の見地から見ると、入力光学サブシステムは反射屈折光学サブシステムであり、出力光学サブシステムは屈折光学サブシステムである。

【0019】本発明のさらに詳しい他の見地から見ると、入力光学サブシステムと出力光学サブシステムとの間に、一次絞りの再写像を行う1群のエアレーンレンズがある。

【0020】本発明のさらに詳しい他の見地から見ると、屈折光学システムに一次絞りの再写像を行うために使用されるエアレーンレンズは、像空間テレセントリシティを提供する効果を有する。

【0021】本発明のさらに詳しい他の見地から見ると、システムをよりコンパクトにするために、1つまたは複数の折りたたみミラーを使用することができる。

【0022】

【実施例】図1と図2は、全領域システムと比較したときの環状領域システムの画像領域出力の比較を示す。図1の陰影区域2は、軸6を有する全領域システムの円形画像領域に相当する。全領域システムの画像領域は、円形領域に制限されるものではないが、円形領域内にどのような幾何学的形状をもつこともできる。図2の陰影区域4は、軸8を有する環状領域システムの画像領域に相当する。環状領域システムが全領域システムと寸法上同じ有用画像区域を、走査することなしに達成するには、環状領域画像サイズは実質的により大きなものでなくてはならない。したがって、非走査環状領域システムが全領域システムと同じ有用画像区域を達成するには、環状領域システムの光学機構は実質的により大きなものになる。

【0023】マツモトの米国特許第4812028号に記載されたシステムの最も実用的な使用は、マツモトの特許における図1の対象Oと画像Iの位置から明らかなように、環状領域型システムとしてである。マツモト・システムが本発明の全領域システムの有用画像区域に匹敵する有用画像区域を達成するためには、マツモトの図1に示されるマツモトの光学システムは、実質的により大きなものでなければならない。さらに、マツモトの図1の中間画像Iは平面画像に見え、これは図1のマツモト・システムのサブシステムS2の対象O'である。さ

らに図1のマツモト・システムでは、入力対象Oは実質的に出力画像I'と同じ位置にある。したがって、マツモトの図1の光学システムは、縮小写真製版レンズとしての制限されたユーティリティである。入力対象Oと出力画像Iが実質的に同じ位置になって、より実用的に有用なシステムを達成するために、マツモトは、例としてマツモトの図7と図8に示すような実質上より複雑なものを紹介している。さらに、マツモトの図1のミラーM2は、射の領域点にとっては障害物であり、マツモト・システムが軸上モードで使用されることを妨げ、したがって、これらのシステムが高開口数を達成することを妨げる。

【0024】本発明によるシステムは、サブシステム間のベッツヴァルの和を補償する。ベッツヴァルの和は、特に照射にエクサイマ・レーザが使用されるときに、色収差補正の問題を少なくする。

【0025】図3は、本発明による光学サブシステムの概略図である。対象6は、湾曲画像10を投影する光学サブシステム8を通じて写像される。前記の湾曲画像10は、実質的に平面であり実質的に無収差の実像14を投影する光学サブシステム12への入力である。好ましい実施例では、対象6は写真製版マスクであり、画像14は、半導体チップすなわち半導体チップ実装基板である基板16の上に投影される。このマスクは、電磁放射線、好ましくは紫外線放射線を不透明な領域と透明な領域とを有してマスク6の上に伝える照明システム18によって、照射されることが好ましい。

【0026】好ましい実施例では、光学システムは、紫外線放射線エクサイマ・レーザ源の全帯域幅にわたって4分の1ミクロンまたはこれより高い分解能を有する、縮小反射屈折光学レンズである。好ましい実施例では、ベッツヴァルの和の補正は、低開口数の反射屈折光学1×システムと、高開口数と広い画像領域の屈折N×レンズとを組み合わせることによって得られる。反射屈折光学システムの凹球面ミラーは、複合システムの一次絞りとして働く。この一次絞りは、屈折光学縮小レンズに再写像されて、最終画像空間にテレセントリシティを得る。少数の光学要素によって奇収差のための屈折光学サブシステムを独立に補正できるようにするために、一次絞りを屈折光学システムに再写像して、再写像された一次絞りの前後の部分の間における屈折光学システム内の光力分布を、いくらか対称にすることが望ましい。

【0027】設計された反射屈折光学システムは、光線が絞りに入射する前と絞りから反射した後で同じレンズを通るので、絞りについては対称である。反射屈折光学1×システムによって生成された中間画像領域は、縮小レンズのための対象領域となる。適切な被覆をもつ熔融シリカのビーム・スプリット立方体が、対象のアクセス可能な画像を形成するために使用することがあり、この画像は最も通常には、最終画像に位置するウェハをバタ

ーン化するために使用されるマスクとなる。代わりに、軸外リング、すなわちスロット画像領域は、ビーム・スプリット立方体を下配のように領域スプリット反射プリズム組合せで置き換えることによって得られる。ビーム・スプリットまたは領域スプリットは、後で説明する好ましい実施例に図示するように、反射屈折光学システムのレンズで屈折光学レンズのベッツヴァルの和を補償する。本発明の主要原理を展開する設計から得られる画像空間開口数に関するすべての制約を排除して、低開口ビームにおいて起こる。

【0028】本発明は、微細設計ルールを有する集積電子回路パターンの高品質画像を形成するための光学システムに関する。好ましい実施例では、反射屈折光学1×システムが、屈折光学縮小レンズに湾曲画像領域を供給する。好ましい実施例の1×サブシステムと縮小光学サブシステムの両方で所定の好ましい湾曲関係特徴を有する屈折修正装置が、協働して、拡張領域全体に微細特徴を有する高度に修正されたN×画像を生成する。縮小率Nは、ほぼ2と20の間にあることが好ましく、約4または5が最も好ましい。

【0029】本発明による光学システムは、実質的に平面の、回折が制限された性能を有するテレセントリックな縮小反射屈折光学リレー・レンズを提供し、この性能は詳しくはエクサイマ・レーザの全紫外線帯域にわたり、そして特に、157nm、193nm、248nm、または308nmなどの種々の紫外線エクサイマ・レーザのいずれかで動作するように、構成されている。

【0030】本発明による光学システムは、非常に高感度の深いUVレジストと、超小形電子集積回路の光学式微細製版のための高強度エクサイマ・レーザ光線の使用を可能にし、光学システムの実効透過度を犠牲にすることを可能にするが、この実効透過度の犠牲は、ある実施例で採用されたビーム・スプリット技術によって発生し、アクセス可能で有用な画像を形成し、また光学システムの優れた性能を得るために必要な大型全ガラス経路からも得られる。

【0031】本発明による光学システムは、光学式微細製版の限界をサブミクロン、より具体的には4分の1ミクロンの分解能まで拡張、または0.7またはそれ以上の開口数を採用することによって、それ以上の拡張を可能にする。

【0032】図4は、本発明による光学システムのある特定の実施例を示す。光学システム20は1×反射屈折光学サブシステムである。サブシステム22は1つの屈折光学サブシステムである。サブシステム20は、ビーム・スプリット立方体24と湾曲ミラー26を含む。サブシステム20とサブシステム22の間には、エアリー間レンズ群28がある。エアリー間レンズ28とサブシステム22の間には、折曲げミラー30がある。折曲げミラー30はオプションであり、全体の光学システムの

寸法を小さくするためにのみ役立つ。

【0033】本発明によるレンズ・システムの製造に使用される材料の種類に、ほとんど制限はない。ガラスは、特定の適用に望まれる波長で良好に透過するのみでなければならない。図4の実施例についての製造パラメータを表2に示す。図4と後出の表の実施例は、約2480オングストロームの波長での、K_rFエキサイマ・レーザ照射光線からの照度で使用されることが好ましい。このシステムは、縮小率4で動作するように設計されているが、性能を犠牲にせずに他の任意の縮小率にシステムを変更することもできる。縮小率は、本質的に屈折光学レンズによって達成される。像空間開口数0.7を縮小率5で得たい場合、反射屈折光学1×システムは、開口数0.14で稼働していることになり、ここで縮小率4については開口数0.175で稼働しなければならない。球面収差と非点収差の補償量は、屈折光学レンズに基づく同じ型の収差を補正するために生成されなければならない。これは、反射屈折光学1×システムのミラー26の前のネガティブ・メニスカス38またはシェル36のパワーを変化させることによって得られ、ここで、凹面ミラーを使用して多くの画像領域湾曲を処理する。図4と表の実施例は単一要素としてのメニスカス38とシェル36を示しているが、これらの要素をある環境の中ではより複雑なレンズ要素群で置換することが好ましいことは、当業者には明らかになる。

【0034】図4と表の実施例では、すべてのレンズは、約2480オングストロームのK_rFエキサイマ・レーザ波長の優れた伝送を考慮して、熔融シリカで作られる。より長い波長が適切である適用については、スコット・グラス・テクノロジー社などのメーカーのカタログには多量で有用な光学ガラスが存在する。細線エキサイマ・レーザが利用可能であるため、色収差をさらに取り扱う必要はない。1×反射屈折光学レンズにおける凹球面ミラー26の前のネガティブ・メニスカス・レンズ、および薄シェル38は、色収差を減らすために役立つ。しかしながら設計は、色々な分散のガラスを組み合わせることで色消しにして、そのようなガラスがある場合の適用では、領域修正および球面収差修正モジュールを作り、メニスカス38とシェル36のための代用としてもよい。深い紫外線の中で使用するには、色消しは、アルカリ・ハロゲン化合物ならびに熔融シリカから作られたレンズで実施される。同じ色消し法を、N×縮小サブシステムに適用することができる。

【0035】図5は、図4の光学サブシステム20の拡大図である。図6は、図4のサブシステム22の画像側34における最後の2つのレンズの拡大図である。図9は、図4の光学システムを示すもので、マスクからビーム・スプリット構造で動作するウエハへ通じる完全開口光線があり、ビーム・スプリット構造は、縮小反射屈折光学レンズのオブスキュレーションを除去するようにな

っている。屈折光学レンズの反射屈折光学システムによる補償の原理は、広い領域にわたって高開口数を必要とするシステムでは一般的に適用されるものである。

【0036】表は、本発明による出力開口数0.7及び15mm×15mmの正方形領域を覆うのに十分な直径22mmの出力画像34上の円形領域を有する4×領域補償型縮小反射屈折光学レンズのための、図4の実施例の好ましい構造パラメータを表にしたものである。表に指定されたパラメータを有する図4のシステムは、サブミクロン、具体的には4分の1ミクロンより良い分解能を有する。

【0037】図9に示す1×反射屈折光学サブシステムの実施例は、図4のビーム・スプリット光学要素24である。ビーム・スプリット面27の設計についての詳細は、A・E・ローゼンブルートの米国特許出願第185187号で見ることができ、この中の記載によれば、ビーム・スプリット光学要素24とその構造は、プリズム25のような第1の三角基体とプリズム29のような第2の三角基体を有する。第1の三角基体25は、複数の薄膜構造31で被覆されたプリズムの斜辺に相当する実質的に平らな面27を持ち、その薄膜構造31における複数反射の結果として実効収差のないビームを与えるように、各光線を反射及び透過の部分に分割させる材質及び厚さを有する。第2の三角基体29は、第1プリズム25の斜辺の上に付着させた薄膜構造31に光学的に接着した斜辺に相当する、実質的に平らな面を持つ。前記反射及び透過に分割された光線において位相分布及び振幅分布を補償することによって、収差及び歪みをなくすることができる。前記薄膜被覆は、ハフニア、フッ化マグネシウム、アルミナ及び酸化ケイ素から選択される。ローゼンブルートの教示を参照されたい。ローゼンブルートの教示によれば、当業者は、特定の波長と光学サブシステムのためのビーム・スプリット面用被覆物を設計することができる。

【0038】表における表面の順序は、オブジェクト32から、ビーム・スプリット立方体24を通過し、レンズ36、38を通過して湾曲反射面26に達し、レンズ38、36を通過して戻り、ビーム・スプリット立方体斜辺27で反射して、エアリーレンズ群28のレンズ要素40、42を通過し、光学サブシステム22のレンズ44、46、48、50、52、54、56、58、及び60を通過する光線について並べたものである。折曲げミラー30は、この機能はエアリーレンズ群28と光学サブシステム22の間で光線を折り曲げることだけであるから、表には示されていない。表では、表面における湾曲の中心が表面の左または表面の上にある場合には、曲率半径の符号は正である。たとえば、マスク32から凹面ミラー26に向かって伝播する光線については、凹面ミラー26の表面108は正の曲率半径である。好ましい実施例では、折曲げミラー30の表面13

4は表面113から60mm、表面114から650mmである。折曲げミラー30の表面134は、K r Fまたは他のエクサイマー波長で反射させるための標準的な技術*

*によって被覆され保護された、Zerodur プレート上の前面であることが好ましい。

【0039】

表

	表面	曲率半径 mm	次の表面 までの距離 mm	次の表面 への屈折率 n=1.5085507 a= 1.0
マスク	100	平面	5	a
六面体の面	101	平面	67.925	n
六面体の対角面	102	平面	67.925	n
六面体の面	103	平面	293.069	a
	104	201.354	29.996	n
	105	211.068	510.222	a
	106	242.520	28.816	n
	107	522.878	25.0	a
ミラー	108	516.823	25.0	a
六面体の面	103	平面	67.925	n
六面体の対角面	102	平面	67.925	n
六面体の面	109	平面	359.233	a
	110	1329.060	30.005	n
	111	587.498	25.0	a
	112	25820.8	60.0	n
	113	1064.070	1250	a
	114	549.336	110.0	n
	115	895.404	2.214	a
	116	-2859.931	125.0	n
	117	1067.446	5.0	a
	118	-2007.148	100.0	n
	119	3505.177	15.0	a
	120	-1032.353	100.00	n
	121	-536.889	838.341	a
	122	-707.878	150.0	n
	123	-4440.978	118.438	a
	124	-383.670	100.00	n
	125	-1196.545	1.0	a
	126	-214.168	175.0	n
	127	-118.494	75.0	a
	128	-120.095	75.0	n
	129	-233.331	5.0	a
	130	-106.809	55.0	n
	131	699.946	0.5	a
ターゲット	132	平面		

【0040】図8は、図4に示すサブシステム20の代替実施例を示す。ここでは、ビーム・スプリット六面体24が反射プリズムの組合せ62によって置換されていることだけが異なる。反射プリズムの組合せ62は、対角面66を持つガラス製プリズム64から形成されている。対角面66の半分68は透過し、対角面66の半分70は使用される照射波長で反射する。図10に示すよ

うに切られた第2プリズム72は、プリズム64の対角面66に対して配置された対角面74を有する。これは、表面76に照射される対象から来る光の軸に実質的に垂直なプリズム62の表面76をもたらす。プリズム64と62は、表面74に沿って光学的に接触している。図8の反射プリズムの組合せは、領域を分割し、軸外走査またはスロット画像領域を生成する。反射プリズ

ムの組合せについては、プリズム64の斜辺66の半分が光を透過するために使用され、したがって、領域はこの表面によって分割される。図8に示すように、表面76から現れる光線80は軸外である。光線80はレンズ36、38を通過し、凹面ミラー26で反射し、レンズ36、38を通じて、軸外である斜辺66の表面70へ戻り、軸外である光線82として表面70で反射する。反射プリズムは、面44の位置にある平面ミラーで置換されることも可能である。2つの光線の分割を可能にする、好ましくは平らな表面である反射表面及び屈折面の任意の組合せが、使用可能である。

【0041】図8の実施例は軸外システムであるから、これは反射プリズムの組合せなしで使用可能であり、したがって反射屈折光学サブシステムとエア離間レンズ群の間の光学軸における曲げもない。光学軸を曲げる手段を使用することによって、大きなマスクがシステム対象として使用されることができるようになり、写真製版ステッパ装置での光学システムの使用を可能にする。図12は、反射プリズムの組合せ36のない図8の実施例を示す。光線80はミラー26に向かい、ミラー36の軸84から側向されることなく、光線82として反射される。

【0042】ビーム・スプリット六面体または反射プリズムなどの組合せを使用しなければ、主としてシリコン・ウエハに落ちる不均一の露光量に導く領域による、オブスキュレーションの大きさの変化のために、光学微細製版には好適ではない瞳孔における障害が、常に存在することになる。さらに、障害が存在する中で得られる回折が制限されたインパルス・レスポンスは、結果として一層低品質の画像パターンとなることもある。4分の1ミクロン、またはそれ以上の高分解能が、表に示した設計で準備される開口数0.7、またはそれより高い開口数で達成可能である。しかしながら、カバーされる領域は、レンズ系が組み立てられる規模に依存する。表の設計は、直径22mmの円形領域を有するレンズである。表の設計で要求されるレンズ直径の計算は、当業者にとっては簡単なことである。本発明で実施するレンズ製造で用いられる材料の種類には、ほとんど制限はないが、特定の適用で希望される波長で良く透過するものでなければならない。

【0043】要約すれば、本発明は、入力及び出力光学サブシステムの、特に広い領域にわたって高開口数を必要とするシステムで一般に適用可能な反射屈折光学システムによる、屈折光学レンズの領域補償の原理を展開する光学システムである。奇収差は、屈折光学システムと反射屈折光学システムにおいて個別に補正される。偶収差と画像領域湾曲は、反射屈折光学システムと屈折光学システムとの間で補償され、実質的に平らな出力画像と

なる。

【0044】

【発明の効果】本発明は、実質的に平らで実質的に無収差の画像領域が実質的に平らな平面の上に投影される、光学システムを提供するものである。

【図面の簡単な説明】

【図1】全領域画像を示す図である。

【図2】環状領域画像を示す図である。

【図3】本発明による光学システムの概略図である。

【図4】本発明による光学システムのある特定の実施例を示す図である。

【図5】図4の反射屈折光学1×システムの拡大図である。

【図6】図4の実施例のN×縮小サブシステムにおける最終の2つの光学構成要素の拡大図である。

【図7】図5の反射屈折光学1×システムのビーム・スプリット六面体がどのように使用されてマスクを画像化するかを示す図である。

【図8】走査リングまたはスロット画像領域などの、軸外画像領域を発生させるために、反射プリズムの組合せを使用して領域を分割する、図5の反射屈折光学1×システムの代替実施例を示す図である。

【図9】図4の光学システムおよび対象から画像への全開口光線の概略図である。

【図10】反射プリズムの組合せのない図8の実施例を示す図である。

【符号の説明】

6 対象

8 光学サブシステム

10 湾曲画像

12 光学サブシステム

14 実像

16 基板

18 照明システム

20 光学サブシステム

24 ビーム・スプリット六面体

26 湾曲ミラー

28 エア離間レンズ群

29 プリズム

30 折曲げミラー

31 薄膜構造

34 画像側

36 シェル

38 ネガティブ・メニスカス

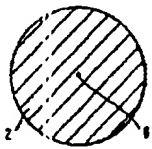
62 プリズムの組合せ

66 対角面

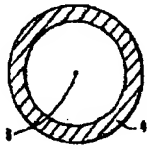
74 対角面

80、82 光線

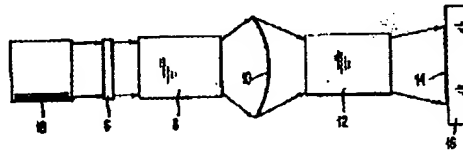
【図1】



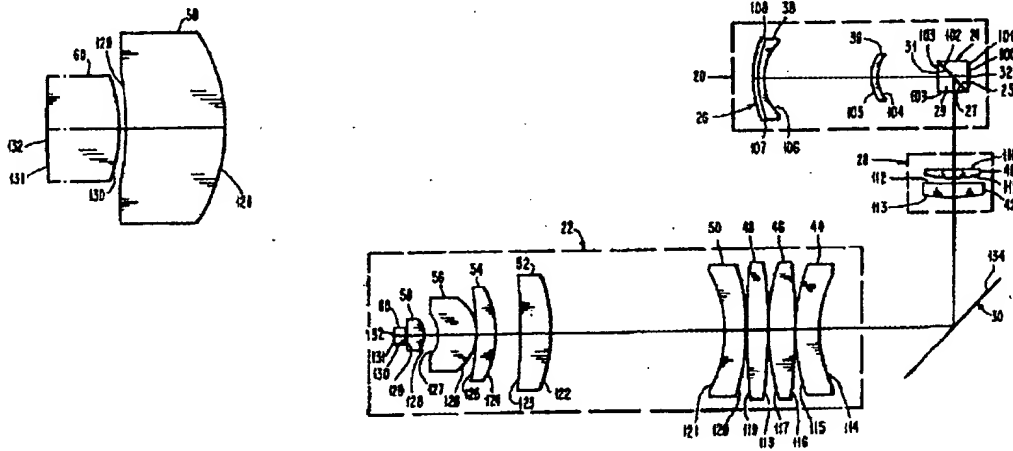
【図2】



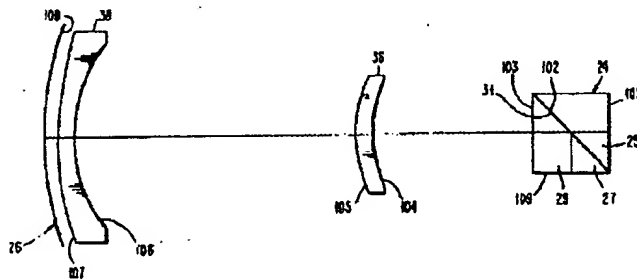
【図3】



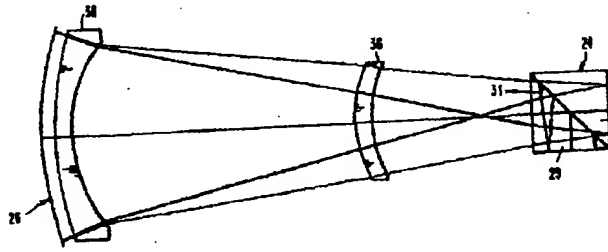
【図4】



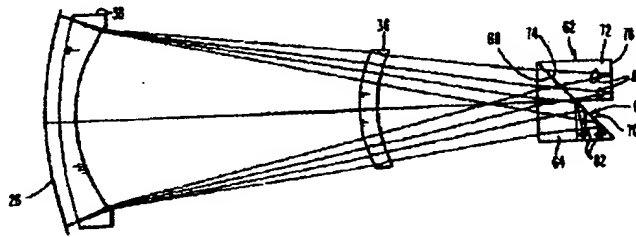
【図5】



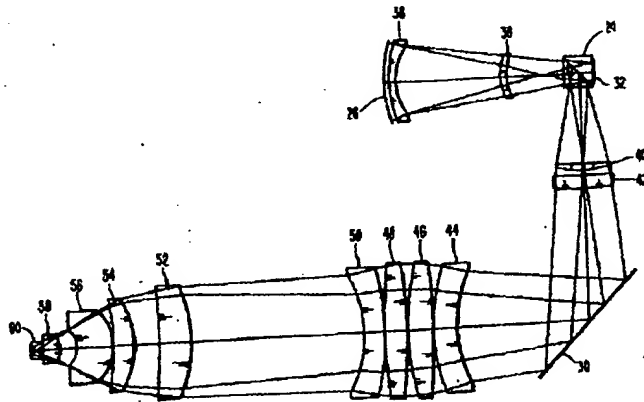
【図7】



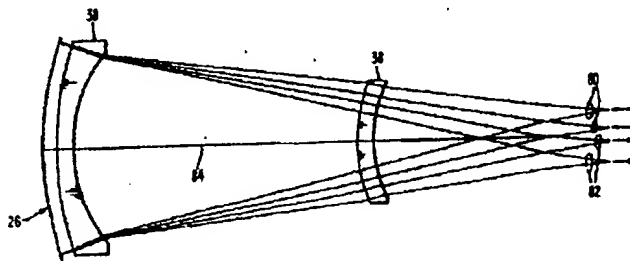
【図8】



【図9】



【図10】



【手続補正書】

【提出日】平成3年11月26日

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正内容】

【書類名】明細書

【発明の名称】補償型光学システム

【特許請求の範囲】

【請求項1】入力サブシステムと、出力サブシステムとを含む、前記入力サブシステムと前記出力サブシステムは、各々が個別に奇収差について実質的に補正され、前記入力サブシステムの偶収差は前記出力サブシステムの偶収差を実質的に補償して、実質的に平らな像を形成する、対象の実質的に平らな像を投影するための光学システム。

【請求項2】少なくとも前記入力光学システム及び前記出力光学システムの内の1つが反射屈折光学システムである、請求項1に記載の光学システム。

【請求項3】前記入力光学システムが1×システムである、請求項1に記載の光学システム。

【請求項4】前記反射屈折光学システムが1つの絞りを含む、請求項2に記載の光学システム。

【請求項5】前記入力光学サブシステムが反射屈折光学式であり、反射凹表面を有し、そして前記光学システムが、前記入力光学システムと前記出力光学システムとの間に、さらに少なくとも1つの光学要素を含み、前記出力光学システム内に前記絞りを写像する、請求項2に記載の光学システム。

【請求項6】前記の少なくとも1つの光学要素がエアレーンレンズ群である、請求項5に記載の光学システム。

【請求項7】前記の反射屈折光学システムが、像形成照射光線の伝播をサポートする能力のある材料から成り少なくとも1つの実質的に平らな表面を有する第1光学要素と、前記の実質的に平らな表面からの反射と該表面の透過に起因する実質的に収差及びゆがみがない該表面からの反射光線、及び該表面の透過光線を供給するための、該表面上の複数の薄膜被覆と、前記の実質的に平らな表面からの反射光線又は該表面の透過光線を受け取るための反射凹表面と、を含む、請求項2に記載の光学システム。

【請求項8】前記出力光学サブシステムの残留偶収差を実質的に補償する偶収差を供給するための、レンズ群をさらに含む、請求項7に記載のシステム。

【請求項9】前記入力レンズ群及び前記反射凹表面が、実質的に前記反射屈折光学システムの奇収差を補正し、所定の像領域湾曲を有する中間像を与える、請求項7に記載のシステム。

【請求項10】前記入力光学サブシステムが中間像を与

え、前記光学要素が前記対象を前記中間像から分離する、請求項9に記載のシステム。

【請求項11】前記システムがエクサイマー・レーザの全紫外線帯域にわたってサブミクロンの分解能を有する、請求項1に記載のシステム。

【請求項12】前記システムがKrFレーザの約2480オングストロームの波長でサブミクロンの分解能を有する、請求項1に記載のシステム。

【請求項13】前記薄膜被覆が前記の実質的に平らな表面にわたって実質的に均一な厚さの材料から成り、前記の実質的に平らな表面からの前記反射光線と、前記の実質的に平らな表面の前記透過光線における、補償位相分布と補償振幅分布を生成し、前記の実質的に平らな表面とその上の被覆面からの収差とゆがみを実質的に除去する、請求項7に記載のシステム。

【請求項14】前記の像形成照射光線の伝播をサポートする能力のある材料からなる第2光学要素をさらに含み、該第2光学要素は少なくとも1つの実質的に平らな表面を有し、前記薄膜被覆が上に積層される前記第1光学要素とは反対側の該薄膜被覆上に接する請求項7に記載のシステム。

【請求項15】前記第1及び前記第2光学要素はプリズムであり、その前記平らな表面は前記プリズムの面であり、前記第1及び第2光学要素の組合せはビーム・スプリット構造を形成する、請求項14に記載のシステム。

【請求項16】前記薄膜被覆が、ハフニウム、フッ化マグネシウム、アルミナ、及び酸化ケイ素のグループ内の少なくとも1つから選択される、請求項7に記載のシステム。

【請求項17】前記入力光学サブシステムと前記出力光学サブシステムとの間に、1つの折曲げ反射要素をさらに含む、請求項1に記載の光学システム。

【請求項18】前記光学システムが回転対称形の光学システムである、請求項7に記載の光学システム。

【請求項19】前記入力サブシステムが、前記出力光学システムの像領域湾曲とは逆の像領域湾曲を有する中間像を供給する、請求項1に記載の光学システム。

【請求項20】前記反射屈折光学システムが、領域スプリット・ビーム折曲げ要素、前記領域スプリット・ビーム折曲げ要素からの光線を受け入れるための反射凹表面を含む、請求項2に記載の光学システム。

【請求項21】前記の出力光学サブシステムの偶収差を補償する実質的な偶収差を供給するための、レンズ群をさらに含む、請求項20に記載のシステム。

【請求項22】前記レンズ群と前記反射凹表面が、前記反射屈折光学システムの奇収差を実質的に補正し、所定の像領域湾曲を有する中間像を供給する、請求項20に記載のシステム。

【請求項23】前記領域スプリット・ビーム折曲げ要素

が反射プリズムの組合せである、請求項22に記載のシステム。

【請求項24】前記領域スプリット・ビーム折曲げ要素がミラーである、請求項20に記載の光学システム。

【請求項25】前記領域スプリット・ビーム折曲げ要素が反射プリズムの組合せである、請求項20に記載の光学システム。

【請求項26】前記光学システムがこの光学システムの軸外部分を使用する、請求項24に記載の光学システム。

【請求項27】前記光学システムがこの光学システムの軸外部分を使用する、請求項25に記載の光学システム。

【請求項28】前記光学システムが環状領域システムまたはスロット領域システムである、請求項26に記載の

光学システム。

【請求項29】前記光学システムが環状領域システムまたはスロット領域システムである、請求項27に記載の光学システム。

【請求項30】前記光学システムが回転対称システムである、請求項1に記載の光学システム。

【請求項31】反射凹表面と、前記反射凹表面への入射光線の経路からはずれた前記反射凹表面からの反射光線を折曲げるための折曲げ手段と、を含み、前記反射凹表面と前記折曲げ手段との間の表面が、次のようなデータを有する、対象の実質的に平らで収差のない像を投影するために紫外線帯域におけるサブミクロンの分解能及び約0.7のNAを有する4×縮小光学システム。

前記反射凹表面からの表面	半径 (約)	次の表面 までの距離	次の表面 への屈折率
	(mm)	(約) (mm)	(約) (mm)

1. 前記反射凹面	518.8	25	1
2.	522.9	28.8	1.5
3.	242.5	510.2	1
4.	211.1	30	1.5
5.	201.3	293.1	1
6.	平面		1.5
7. 前記折曲げ手段	平面	68	

前記折曲げ手段からの表面	半径 (約)	次の表面 までの距離	次の表面 への屈折率
	(mm)	(約) (mm)	(約) (mm)

1. 前記折曲げ手段	平面	68	1.5
2.	平面	359.2	1
3.	1329.1	30.0	1.5
4.	25820.8	60.0	1.5
5.	1064.1	1250	1
6.	549.3	110.0	1.5

7.	895	2.2	1
8.	-2859	125	1.5
9.	1087	5	1
10.	-2007	100	1.5
11.	3505.2	5.0	1
12.	-1032.4	100.00	1.5
13.	-536.9	838	1
14.	707.9	150.0	1.5
15.	-444	118.438	1
16.	384	100.00	1.5
17.	-1197	1.0	1
18.	-214.2	175.0	1.5
19.	-118.5	75.0	1
20.	-120.7	75.0	1.5
21.	-233.3	5.0	1
22.	-106.8	55.0	1.5
23.	700	0.5	1

【請求項32】前記折曲げ手段がビーム・スプリット六面体である、請求項29に記載の光学システム。

【請求項33】前記折曲げ手段がプリズム反射の組合せである、請求項29に記載の光学システム。

【請求項34】対象の中間像を形成するための中間像形成光学要素と、前記中間像を出力像形成光学要素のための中間対象として使用して、前記出力像を形成するための、出力像形成光学要素とを有し、前記出力像形成光学要素は像領域湾曲を有し、前記中間像形成光学要素と前記の出力像形成光学要素の各々は、個別に実質的に収差について補正され、前記中間像形成光学要素と前記の出力像形成光学要素は、実質的に偶収差について共に補正され、前記中間像は、前記出力像形成光学要素の前記像領域湾曲と反対の像領域湾曲を有しており、前記出力像領域は、実質的に平坦であり実質的に無収差である、前記対象の実質的に平らな出力像を投影するための光学システム。

【請求項35】前記中間像形成光学要素は、前記光学システムのための一次絞りとして凹球面ミラーを含み、さらに、前記中間像形成光学要素の間にエア離間レンズ群を含み、前記エア離間レンズ群は前記出力像形成光学要素内で前記一次絞りを写像する、請求項34に記載の光学システム。

【請求項36】前記中間像形成光学要素が1×システムであり、前記出力像形成光学要素はN×縮小屈折光学システムであり、前記の光学システムはサブミクロンの分解能を有する、請求項35に記載の光学システム。

【請求項37】入力サブシステムと、出力サブシステムとを含み、前記入力サブシステムと前記出力サブシス

テムの間には、中間像が存在し、対象及び像が異なる面に存在する、対象の実質的に平らな像を投影するための光学システム。

【請求項38】対象を保持する手段と、基板を保持する手段と、前記対象を保持する手段と前記基板を保持する手段との間に位置し、前記基板上に実質的に平らな像を投影するための光学システムとを含み、前記対象と前記像が異なる面上に存在する、基板上へ実質的に平らな対象の実質的に平らな像を投影するための光学システム。

【請求項39】対象を保持する手段と、基板を保持する手段と、前記対象からの光を受け取る位置にあり、前記基板上に実質的に平らな像を投影するための光学システムとを含み、実質的に平らな前記対象と実質的に平らな前記像は異なる面上に存在する、基板上へ実質的に平らな対象の実質的に平らな像を投影するための光学システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、平らな像領域を有する1つの光学システムに関する。さらに詳しくは、本発明は、1つの入力サブシステムを有し、この入力サブシステムは第2サブシステムへの入力対象であり、この第2サブシステムの出力は平らな像領域であり、第1サブシステムは第2サブシステムの像領域湾曲を補償して平らな像領域にするように設計された、1つの光学システムに関する。またさらに詳しくは、本発明は、入力サブシステムが1×システムであり、出力サブシステムがN×システムである、1つの光学システムに関する。またさらに詳しくは、本発明は、平面半導体チップまたは半導体チップ実装基板の上に実質的に無収差の平面マスク像

を投影露光するための、超小形電子リソグラフィ・レンズに関する。

【0002】

【従来の技術】超小形電子構成部品の製造では、典型的にはレジスト被覆の半導体チップまたはレジスト被覆の半導体チップ実装基板である基板の上に、マスク像を投影露光するために、光学システムが使用されている。また、これらの光学システムを、基板の上にマスクの像を直接に露光させるために使用することもできる。

【0003】光学システムの像領域は一般に湾曲している。湾曲の度合いはベッツヴァルの和で決定される。リソグラフィ・ツールによる処理量を増すためには、大きな対象領域を投影して、超小形電子基板の上にパターンを形成するために必要な露光をより少なくすることが望ましい。大きな対象領域を通常人手可能な高分解能光学システムで使用する場合には、投影される像は限られた像領域の上でしかうまく焦点が合わない。これは、半導体チップや半導体チップ実装基板などの超小形電子基板は平面である一方、前記の像領域は一般に湾曲面であるから、分解能または開口数が向上するにつれてベッツヴァルの和の修正がより困難になるためである。

【0004】この問題の1つの解決法は、光学システムの像領域湾曲に相当する曲率をもつ湾曲基板を使用することである。超小形電子構成部品は平面を呈しているので、超小形電子構成部品の製造には、この湾曲基板の使用は現実的な解決法ではない。代わりに、光学システムの湾曲には逆の湾曲を有するマスクを使用して、実質的に平面の出力像領域にすることができる。この解決法も、湾曲マスクを作るには費用がかかり特別の製作用具が必要になるので、やはり現実的ではない。

【0005】本発明によって、縮小されたマスク像を投影するための所望の縮小比1×をもつ光学システムが提供される。この光学システムには、実質的に平面のマスクの像を投影する1×投影光学サブシステムが提供されることが好ましく、この像は縮小N×サブシステムと逆の湾曲を有し、縮小サブシステムの像領域は実質的に平面である。

【0006】マツモトに対する米国特許第4812028号は、光学リソグラフィ用の反射式縮小投影光学システムを記載した。マツモトのシステムは、複数のモノセントリックな反射面と屈折面、および少なくとも1つのアプラナート屈折面から成る。アプラナート屈折面全部と残りの反射面と屈折面のベッツヴァルの和は、互いに個別に修正される。逆に、本発明によるベッツヴァルの和は、入力サブシステムの像領域湾曲の出力サブシステムによる補償によって修正され、こうして像領域補償型の設計となる。また、入力サブシステムと出力サブシステムは、コマ収差やゆがみなどの奇収差について、本質的に個別に補正される。しかし、球面収差や非点収差や像湾曲などの偶収差は、サブシステム間の補償によって

実質的に補正される。

【0007】マツモトのシステムでは、すべての屈折面と反射面は、アプラナート面を除いて、本発明のシステムでは真ではない1×モノセントリック・モードで実質的に動作する。本発明のシステムとマツモトのシステムの両方とも、中間像を有する。本発明のシステムは、好ましくは1×入力サブシステムによって形成された湾曲中間像を示し、出力N×サブシステムへの湾曲入力として使用される。この方法は、屈折器に補償曲面領域を提供することによって、屈折器における像領域修正の負担を減らす。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】本発明の1つの目的は、実質的に平らで実質的に無収差の像領域が実質的に平らな平面の上に投影される、光学システムを提供することである。

【0009】本発明の他の1つの目的は、平らな像領域を有し、1×サブシステムを有する光学システムであって、1×サブシステムは第2N×サブシステムの対象領域である湾曲画面を提供する、前記の光学システムを提供することである。結合システムの出力は、実質的に無収差で平らな非常に高い分解能をもつ像領域である。

【0010】本発明の他の1つの目的は、各サブシステムにおいて個別に奇収差を実質的に補正することである。

【0011】本発明の他の1つの目的は、1方のサブシステムの偶収差を他方のサブシステムの偶収差で補償することによって、偶収差を実質的に補正することである。

【0012】

【課題を解決するための手段】最も広い見地から見ると、本発明は、実質的に平らな対象領域と実質的に平らな像領域を有する光学システムである。

【0013】本発明のさらに詳しい見地から見ると、1つの光学サブシステムが第2光学サブシステムの像領域湾曲を補償して、実質的に平らな像領域を形成する。

【0014】本発明のさらに詳しい他の見地から見ると、1つの光学サブシステムが1つの像面の上の対象の焦点の合った像を提供し、前記の像面は第2光学サブシステムの像領域湾曲と実質的に逆である湾曲を有し、これによって第2光学サブシステムの出力は実質的に平らな像領域となる。

【0015】本発明のさらに詳しい他の見地から見ると、各サブシステムは、コマ収差やゆがみなどの奇収差について個別に補正される。

【0016】本発明のさらに詳しい他の見地から見ると、球面収差、非点収差、及び像領域湾曲などの、サブシステムの偶収差が各サブシステムによって補償される。

【0017】本発明のさらに詳しい他の見地から見ると、

と、光学サブシステムの一方は1×入力光学システムであり、他の1つの光学サブシステムはN×出力光学サブシステムである。

【0018】本発明のさらに詳しい他の見地から見ると、入力光学サブシステムは反射屈折光学サブシステムであり、出力光学サブシステムは屈折光学サブシステムである。

【0019】本発明のさらに詳しい他の見地から見ると、入力光学サブシステムと出力光学サブシステムとの間に、一次絞りの再写像を行う1群のエアランレンズがある。

【0020】本発明のさらに詳しい他の見地から見ると、屈折光学システムに一次絞りの再写像を行うために使用されるエアランレンズは、像空間テレセントリシティを提供する効果を有する。

【0021】本発明のさらに詳しい他の見地から見ると、システムをよりコンパクトにするために、1つまたは複数の折ったタミラーを使用することができる。

【0022】

【実施例】図1と図2は、全領域システムと比較したときの環状領域システムの像領域出力の比較を示す。図1の陰影区域2は、軸6を有する全領域システムの円形像領域に相当する。全領域システムの像領域は、円形領域に制限されるものではないが、円形領域内にどのような幾何学的形状をもつこともできる。図2の陰影区域4は、軸8を有する環状領域システムの像領域に相当する。環状領域システムが全領域システムと寸法上同じ有用像区域を、走査することなしに達成するには、環状領域像サイズは実質的により大きなものでなくてはならない。したがって、非走査環状領域システムが全領域システムと同じ有用像区域を達成するには、環状領域システムの光学機構は実質的により大きなものになる。

【0023】マツモトの米国特許第4812028号に記載されたシステムの最も実用的な使用は、マツモトの特許における図1の対象Oと像Iの位置から明らかなように、環状領域システムとしてである。マツモト・システムが本発明の全領域システムの有用像区域に匹敵する有用像区域を達成するためには、マツモトの図1に示されるマツモトの光学システムは、実質的により大きなものでなければならない。さらに、マツモトの図1の中間像Iは平面像に見え、これは図1のマツモト・システムのサブシステムS2の対象O'である。さらに図1のマツモト・システムでは、入力対象Oは実質的に出力像I'と同じ位置にある。したがって、マツモトの図1の光学システムは、縮小写真製版レンズとしての制限されたユーティリティである。入力対象Oと出力像I'が実質的に同じ位置になくて、より実用的に有用なシステムを達成するたりに、マツモトは、例としてマツモトの図7と図8に示すような実質上より複雑なものを紹介している。さらにマツモトの図1のミラーM2は、軸の領域

点にとっては障害物であり、マツモト・システムが軸上モードで使用されることを妨げ、したがって、これらのシステムが高開口数を達成することを妨げる。

【0024】本発明によるシステムは、サブシステム間のベッツヴァルの和を補償する。ベッツヴァルの和は、特に照射にエクサイマ・レーザが使用されるときに、色収差補正の問題を少なくする。

【0025】図3は、本発明による光学サブシステムの概略図である。対象6は、湾曲像10を投影する光学サブシステム8を通じて写像される。前記の湾曲像10は、実質的に平面であり実質的に無収差の実像14を投影する光学サブシステム12への入力である。好ましい実施例では、対象6は写真製版マスクであり、像14は、半導体チップすなわち半導体チップ実装基板である基板16の上に投影される。このマスクは、電磁放射線、好ましくは紫外線放射線を不透明な領域と透明な領域とを通してマスク6の上に伝える照明システム18によって、照射されることが好ましい。

【0026】好ましい実施例では、光学システムは、紫外線放射線エクサイマ・レーザ源の全帯域幅にわたって4分の1ミクロンまたはこれより高い分解能を有する、縮小反射屈折光学レンズである。好ましい実施例では、ベッツヴァルの和の補正は、低開口数の反射屈折光学1×システムと、高開口数と広い像領域の屈折N×レンズとを組み合わせることによって得られる。反射屈折光学システムの凹球面ミラーは、複合システムの一次絞りとして働く。この一次絞りは、屈折光学縮小レンズに再写像されて、最終像空間にテレセントリシティを得る。少数の光学要素によって奇収差のための屈折光学サブシステムを独立に補正できるようにするために、一次絞りを屈折光学システムに再写像して、再写像された一次絞りの前後の部分の間における屈折光学システム内のオブティカル・パワーの分布を、いくらか対称にすることが望ましい。

【0027】設計された反射屈折光学システムは、光線が絞りに入射する前と絞りに反射した後で同じレンズを通るので、絞りについては対称である。反射屈折光学1×システムによって生成された中間像領域は、縮小レンズのための対象領域となる。適切な被覆をもつ溶融シリカのビーム・スプリット立方体が、対象のアクセス可能な像を形成するために使用することがあり、この像は最も通常には、最終像に位置するウェハをパターン化するために使用されるマスクとなる。代わりに、軸外シリリング、すなわちスロット像領域は、ビーム・スプリット立方体を下記のように領域スプリット反射プリズム組合せで置き換えることによって得られる。ビーム・スプリットまたは領域スプリットは、後で説明する好ましい実施例に図示するように、反射屈折光学システムのレンズで屈折光学レンズのベッツヴァルの和を補償する、本発明の主要原理を展開する設計から得られる像空間開口数

に関するすべての制約を排除して、低開口ビームにおいて起こる。

【0028】本発明は、微細設計ルールを有する集積電子回路パターンの高品質像を形成するための光学システムに関する、好ましい実施例では、反射屈折光学1×システムが、屈折光学縮小レンズに湾曲像領域を供給する。好ましい実施例の1×サブシステムと縮小光学サブシステムの両方で所定の好ましい湾曲関係特徴を有する屈折修正装置が、協働して、拡張領域全体に微細特徴を有する高度に修正されたN×像を生成する。縮小率Nは、ほぼ2と20の間にあることが好ましく、約4または5が最も好ましい。

【0029】本発明による光学システムは、実質的に平面の、同折が制限された性能を有するテレセントリックな縮小反射屈折光学リレー・レンズを提供し、この性能は詳しくはエクサイマ・レーザの全紫外線帯域にわたり、そして特に、157nm、193nm、248nm、または308nmなどの種々の紫外線エクサイマ・レーザのいずれかで動作するように、構成されている。

【0030】本発明による光学システムは、非常に高感度の深いUVレジストと、超小形電子集積回路の光学式微細製版のための高強度エクサイマ・レーザ光線の使用を可能にし、光学システムの実効透過度を犠牲にすることを可能にするが、この実効透過度の犠牲は、ある実施例で採用されたビーム・スプリット技術によって発生し、アクセス可能で有用な像を形成し、また光学システムの優れた性能を得るために必要な大型全ガラス経路からも得られる。

【0031】本発明による光学システムは、光学式微細製版の限界をサブミクロン、より具体的には4分の1ミクロンの分厚能まで拡張、または0.7またはそれ以上の開口数を採用することによって、それ以上の拡張を可能にする。

【0032】図4は、本発明による光学システムのある特定の実施例を示す。光学システム20は1×反射屈折光学サブシステムである。サブシステム22は1つの屈折光学サブシステムである。サブシステム20は、ビーム・スプリット立方体24と湾曲ミラー26を含む。サブシステム20とサブシステム22との間には、エア離間レンズ群28がある。エア離間レンズ28とサブシステム22の間には、折曲げミラー30がある。折曲げミラー30はオプションであり、全体の光学システムの寸法を小さくするためにのみ役立つ。

【0033】本発明によるレンズ・システムの製造に使用される材料の種類に、ほとんど制限はない。ガラスは、特定の用途に望まれる波長で良好に透過するのみでなければならない。図4の実施例についての製造パラメータを表で示す。図4と後述の表の実施例は、約2480オングストロームの波長での、KrFエクサイマ・レーザ照射光線からの照度で使用されることが好ましい。

このシステムは、縮小率4で動作するように設計されているが、性能を犠牲にせずに他の任意の縮小率にシステムを変更することもできる。縮小率は、本質的に屈折光学レンズによって達成される。像空間開口数0.7を縮小率5で得たい場合、反射屈折光学1×システムは、開口数0.14で稼働していることになり、ここで縮小率4については開口数0.175で稼働しなければならない。球面収差と非点収差の補償量は、屈折光学レンズに基づく同じ型の収差を補正するために生成されなければならない。これは、反射屈折光学1×システムのミラー26の前のネガティブ・メニスカス38またはシェル36のパワーを変化させることによって得られ、ここで、凹面ミラーを使用して多くの像領域湾曲を処理する。図4と表の実施例は単一要素としてのメニスカス38とシェル36を示しているが、これらの要素をある環境の中ではより複雑なレンズ要素群で置換することが好ましいことは、当業者には明らかになる。

【0034】図4と表の実施例では、すべてのレンズは、約2480オングストロームのKrFエクサイマ・レーザ波長での優れた伝送を考慮して、熔融シリカで作られる。より長い波長が適切である適用については、スコット・グラス・テクノロジー社などのメーカーのカタログには多様で有用な光学ガラスが存在する。細線エクサイマ・レーザが利用可能であるため、色収差をさらに取り扱う必要はない。1×反射屈折光学レンズにおける凹球面ミラー26の前のネガティブ・メニスカス・レンズ、および薄シェル38は、色収差を減らすために役立つ。しかしながら設計は、色々な分散のガラスを組み合わせて普通の方法で色消しにして、そのようなガラスがある場合の適用では、領域修正および球面収差修正モジュールを作り、メニスカス38とシェル36のための代用としてもよい。深い紫外線の中で使用するには、色消しは、アルカリ・ハロゲン化物ならびに熔融シリカから作られたレンズで実施される。同じ色消し法を、N×縮小サブシステムに適用することができる。

【0035】図5は、図4の光学サブシステム20の拡大図である。図6は、図4のサブシステム22の像側132における最後の2つのレンズの拡大図である。図9は、図4の光学システムを示すもので、マスクからビーム・スプリット構造で動作するウエハへ送る完全開口光線があり、ビーム・スプリット構造は、縮小反射屈折光学レンズのオブスキュレーションを除去するようになっている。屈折光学レンズの反射屈折光学システムによる補償の原理は、広い領域にわたって高開口数を必要とするシステムでは一般的に適用されるものである。

【0036】表は、本発明による出力開口数0.7及び15mm×15mmの正方形領域を覆うのに十分な直径22mmの出力像132上の円形領域を有する4×領域補償型縮小反射屈折光学レンズのための、図4の実施例の好ましい構造パラメータを表にしたものである。表に

指定されたパラメータを有する図4のシステムは、サブミクロン、具体的には4分の1ミクロンより良い分解能を有する。

【0037】図9に示す1×反射屈折光学サブシステムの実施例は、図4のビーム・スプリット光学要素24である。ビーム・スプリット面27の設計についての詳細は、A・E・ローゼンブルートの米国特許出願第185187号で見ることができ、この中の記載によれば、ビーム・スプリット光学要素24とその構造は、プリズム25のような第1の三角基体とプリズム29のような第2の三角基体を有する。第1の三角基体25は、複数の薄膜構造31で被覆されたプリズムの斜辺に相当する実質的に平らな面27を持ち、その薄膜構造31における複数反射の結果として実効収差のないビームを与えるように、各光線を反射及び透過の部分に分割させる材質及び厚さを有する。第2の三角基体29は、第1プリズム25の斜辺の上に付着させた薄膜構造31に光学的に接着した斜辺に相当する、実質的に平らな面を持つ。前記反射及び透過に分割された光線において位相分布及び振幅分布を制御することによって、収差及び歪みをなくすることができる。前記薄膜被覆は、ハフニア、フッ化マグネシウム、アルミナ及び酸化ケイ素から選択される。ローゼンブルートの教示を参照されたい。ローゼンブルートの教示によれば、当業者は、特定の波長と光学サブシステムのためのビーム・スプリット面用被覆物を設計す

ることができる。

【0038】表における表面の順序は、オブジェクト32から、ビーム・スプリット立方体24を通過し、レンズ36、38を通過して湾曲反射面26に達し、レンズ38、36を通過して戻り、ビーム・スプリット立方体斜辺27で反射して、エアレーンレンズ群28のレンズ要素40、42を通過し、光学サブシステム22のレンズ44、46、48、50、52、54、56、58、及び60を通過する光線について並べたものである。折曲げミラー30は、この機能はエアレーンレンズ群28と光学サブシステム22の間で光線を折り曲げることだけであるから、表には示されていない。表では、表面における湾曲の中心が表面の左または表面の上にある場合には、曲率半径の符号は正である。たとえば、マスク32から凹面ミラー26に向かって伝播する光線については、凹面ミラー26の表面108は正の曲率半径である。好ましい実施例では、折曲げミラー30の表面134は表面113から60mm、表面114から650mmである。折曲げミラー30の表面134は、K_rFまたは他のエクサイマー波長で反射させるための標準的な技術によって被覆され保護された、Zerodurプレート上の前面であることが好ましい。

【0039】

表

表面	曲率半径 mm	次の表面 までの距離 mm	次の表面 への屈折率 n=1.5085507 n= 1.0
マスク	100	平面	5
六面体の面	101	平面	67.925
六面体の対角面	102	平面	67.925
六面体の面	103	平面	293.069
	104	201.354	29.998
	105	211.068	510.222
	106	242.520	28.816
	107	522.878	25.0
ミラー	108	516.823	25.0
六面体の面	103	平面	67.925
六面体の対角面	102	平面	67.925
六面体の面	109	平面	359.233
	110	1329.060	30.606

111	587.498	25.0	■
112	25820.8	60.0	■
113	1064.070	1250	■
114	549.338	110.0	■
115	895.404	2.214	■
116	-2859.931	125.0	■
117	1067.446	5.0	■
118	-2007.148	100.0	■
119	3505.177	15.0	■
120	-1032.353	100.00	■
121	-538.889	838.341	■
122	-707.878	150.0	■
123	-4440.978	118.438	■
124	-383.870	100.00	■
125	-1106.545	1.0	■
126	-214.168	175.0	■
127	-118.494	75.0	■
128	-120.095	75.0	■
129	-233.331	5.0	■
130	-106.809	55.0	■
131	699.846	0.5	■

ターゲット 132 平面

【0040】図8は、図4に示すサブシステム20の代替実施例を示す。ここでは、ビーム・スプリット六面体24が反射プリズムの組合せ62によって置換されていることだけが異なる。反射プリズムの組合せ62は、対角面66を持つガラス製プリズム64から形成されている。対角面66の半分68は透過し、対角面66の半分70は使用される照射波長で反射する。図10に示すように切られた第2プリズム72は、プリズム64の対角面66に対して配置された対角面74を有する。これは、表面76に照射される対象から来る光の軸に実質的に垂直なプリズム62の表面76をもたらす。プリズム64と62は、表面74に沿って光学的に接触している。図8の反射プリズムの組合せは、領域を分割し、軸外走査またはスロット像領域を生成する。反射プリズムの組合せについては、プリズム64の斜辺66の半分が光を透過するために使用され、したがって、領域はこの表面によって分割される。図8に示すように、表面76から現れる光線80は軸外である。光線80はレンズ36、38を透過し、凹面ミラー26で反射し、レンズ36、38を通じて、軸外である斜辺66の表面70へ戻り、軸外である光線82として表面70で反射する。反射プリズムは、面44の位置にある平面ミラーで置換されることも可能である。2つの光線の分割を可能にする、

好ましくは平らな表面である反射表面及び屈折面の任意の組合せが、使用可能である。

【0041】図8の実施例は軸外システムであるから、これは反射プリズムの組合せなしで使用可能であり、したがって反射屈折光学サブシステムとエアリオンレンズ群の間の光学軸における曲げもない。光学軸を曲げる手段を使用することによって、大きなマスクがシステム対象として使用されることができるようになり、写真製版ステッパ装置での光学システムの使用を可能にする。図10は、反射プリズムの組合せ62のない図8の実施例を示す。光線80はミラー26に向かい、ミラー26の軸84から偏向されることなく、光線82として反射される。

【0042】ビーム・スプリット六面体または反射プリズムなどの組合せを使用しなければ、主としてシリコン・ウエハに落ちる不均一の露光量に導く領域による、オプスキュレーションの大きさの変化のために、光学微細製版には好適ではない瞳孔における障害が、常に存在することになる。さらに、障害が存在する中で得られる回折が制限されたインパルス・レスポンスは、結果として一層低品質の像パターンとなることもある。4分の1ミクロン、またはそれ以上の高分解能が、表に示した設計で準備される開口数0.7、またはそれより高い開口数

で達成可能である。しかしながら、カバーされる領域は、レンズ系が組み立てられる規模に依存する。表の設計は、直径2.2mmの円形領域を有するレンズである。表の設計で要求されるレンズ直径の計算は、当業者にとっては簡単なことである。本発明で実施するレンズ製造で用いられる材料の種類には、ほとんど制限はないが、特定の適用で所望される波長で良く透過するものでなければならない。

【0043】要約すれば、本発明は、入力及び出力光学サブシステムの、特に広い領域にわたって高開口数を必要とするシステムで一般に適用可能な反射屈折光学システムによる、屈折光学レンズの領域補償の原理を展開する光学システムである。奇収差は、屈折光学システムと反射屈折光学システムにおいて個別に補正される。偶収差と像領域湾曲は、反射屈折光学システムと屈折光学システムとの間で補償され、実質的に平らな出力像となる。

【0044】

【発明の効果】本発明は、実質的に平らで実質的に無収差の像領域が実質的に平らな平面の上に投影される、光学システムを提供するものである。

【図面の簡単な説明】

【図1】全領域像を示す図である。

【図2】環状領域像を示す図である。

【図3】本発明による光学システムの概略図である。

【図4】本発明による光学システムのある特定の実施例を示す図である。

【図5】図4の反射屈折光学1×システムの拡大図である。

【図6】図4の実施例のN×縮小サブシステムにおける最終の2つの光学構成要素の拡大図である。

【図7】図5の反射屈折光学1×システムのビーム・ス

プリット六面体がどのように使用されてマスクを像化するかを示す図である。

【図8】走査リングまたはスロット像領域などの、軸外像領域を発生させるために、反射プリズムの組合せを使用して領域を分割する、図5の反射屈折光学1×システムの代替実施例を示す図である。

【図9】図4の光学システムおよび対象から像への全開口光線の概略図である。

【図10】反射プリズムの組合せのない図8の実施例を示す図である。

【符号の説明】

- 6 対象
- 8 光学サブシステム
- 10 湾曲像
- 12 光学サブシステム
- 14 実像
- 16 基板
- 18 照明システム
- 20 光学サブシステム
- 24 ビーム・スプリット六面体
- 26 湾曲ミラー
- 28 エア離間レンズ群
- 29 プリズム
- 30 折曲げミラー
- 31 薄膜構造
- 34 像側
- 36 シェル
- 38 ネガティブ・メニスカス
- 62 プリズムの組合せ
- 66 対角面
- 74 対角面
- 80、82 光線

フロントページの続き

(72)発明者 ジヤナズ・スタニスラフ・ウイルチンスキ

アメリカ合衆国10562、ニューヨーク州オ
ツシニング、キチャワン・ロード736番地